

氢储能动力源多输入智能不间断保障系统关键技术及应急发电车应用

石迎男 许鹏浩

国网石家庄市栾城区供电公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]随着我国经济的快速发展, 广大电力用户对供电要求越来越高, 但在实际电网日常运行工作中, 临时突发性中断供电是不可避免的。如何在电力突然中断后能够继续提供高质量的临时供电服务, 就成为我们面临的一个新的挑战。这就要求我们必须有一款高效、稳定的应急供电设备。

[关键词]氢储能; 不间断保障系统; 发电车

DOI: 10.64635/ja.2026.1073

中图分类号: TM912

文献标识码: A

Key Technologies of a Multi-Input Intelligent Uninterruptible Support System with Hydrogen Energy Storage Power Sources and Its Application in Emergency Power Generation Vehicles

Shi Yingnan, Xu Penghao

State Grid Luancheng District Power Supply Company of Shijiazhuang, Shijiazhuang 050000, Hebei, China

Abstract: With the rapid development of China's economy, power users have placed increasingly higher demands on the reliability of electricity supply. However, in the daily operation of actual power grids, temporary and unexpected power interruptions are unavoidable. How to continue providing high-quality temporary power supply services after a sudden power outage has therefore become a new challenge. This requires the development of an efficient and stable emergency power supply device.

Keywords: hydrogen energy storage; uninterruptible support system; power generation vehicle

引言

2024 年《政府工作报告》提出“积极培育新兴产业和未来产业”部分提出: 巩固扩大智能网联新能源汽车等产业零线优势, 加快前沿新兴氢能、新材料、创新药等产业发展。国网公司作为国家能源的主要运营主体和管理主体, 肩负电力保供、削峰填谷、应急保障等民生任务, 责任重大。电网应用推广氢能源具有先天优势: 大量风电、光伏发电因发电量受自然条件限制, 不能稳定供电, 对电网的消纳能力构成挑战, 也对电网管理提出了更高的要求, 大量的离网“绿电”形成能源浪费, 这部分电能如果以电解水制氢方式将能量储存起来, 将极大减少浪费, 成倍提高经济效益。

1 项目的理论和实践依据

1.1 项目研究的原理

保障重大活动持续供电是电力生产运营的重要环节。在重大活动保电中可能面临突发的电力故障, 引起供电暂时中断的风险。严重影响供电公司的社会形象。在这种情

况下, 一款高效、清洁、低噪音、能够实现不间断切换供电和快速机动转移的应急发电车将至关重要。为了实现该型多功能应急发电车的研发, 需要引入车载氢燃料系统的工作原理、氢储动力源的多输入不间断保障控制系统研究、新型多功能应急发电 3 车的各系统集成的工作原理。

1.2 项目研究的实践依据

目前, 氢燃料电池车辆已经在公交车、商务车等较大车辆上进行了实际应用。例如: 2023 年 9 月, 石家庄市 10 辆氢能源公交车正式上线运行; 北京市已投入应用 1528 辆氢燃料电池汽车, 其中包括大中客车 845 辆, 普通物流车 272 辆, 冷链物流车 203 辆, 重卡 202 辆。氢燃料电池车已经在众多地区上线运行, 氢能源汽车试用的序幕已经真正拉开, 氢燃料电池技术也已经逐渐成熟。

2 项目研究内容和实施方案

2.1 项目研究内容

对氢燃料电池在车辆上的运行工况进行分析, 并对其安全性进行评估。对车载氢燃料系统的适应性进行分析,

分析其在实际应用中的各项参数,以全面评估氢燃料系统在车辆上的适应性研究。对氢储能动力源的多输入不间断保障控制系统的原理进行深入研究。研究如何有效地管理和切换多种能源输入,确保在任何情况下都能提供稳定的电力输出。利用大数据、人工智能技术,实现整车能源的智能化管理和调度,优化能源使用效率。研究如何快速部署和启动应急发电车,以提供最大的应急电力支持。对车辆性能参数匹配、结构设计优化、仿真模拟分析等部分进行研究。由于车辆底盘尺寸是有限的,为了实现日常使用和应急发电两种模式,需要在有限的车辆底盘上集成尽可能多的装置模块,深度挖掘该新型应急发电车的潜力,节约车辆使用成本,为企业创造更高的经济效益。

2.2 项目研究的关键、难点及创新点

氢燃料电池的原理及发展情况,氢燃料电池堆的特性及结构,氢燃料电池在应急发电状态下按照设计要求的最大发电功率,设计的氢瓶内氢气容量是否可以达到设计工况。

该系统是多重输入保障的综合型控制系统,UPS整流器和逆变器同时工作,给负载供电的同时对锂电池组电池浮充充电。当市电异常时,整流器停止工作,由电池经逆变器向负载供电;锂电池供电保障期间启动氢动力系统,氢动力经过DC/DC模块给锂电池组供电同时也可以给UPS供直流电。若氢动力燃料不足且不能及时补充,电池电压下降到放电终止电压,而市电还未恢复正常,UPS将关机。电池放电终止电压已预先设定。市电异常,电池维持UPS工作,直至电池电压降到电池放电终止电压。该系统提供国标充电桩充电接口,可以给锂电池组提供快充补电功能,氢动力系统的储气罐可以及时补充。同时氢动力系统安装DC/AC模块,可以直接给UPS提供交流电。

该项目创造性的利用氢燃料系统技术、不间断供电技术。将其集成至现有8T厢货车地盘上,彻底摒弃燃油动力,使用氢燃料电池进行供能。该新型多功能氢燃料应急发电车可在平时做为电氢双动力工具车满足日常抢修及生产运行使用,在应急状态下以氢燃料作为动力来源实现对外发电,真正实现“一车多用”、“平时为民、战时为兵”的多功能、多场景使用。

2.3 项目实施方案

2.3.1 需求分析

采用调查法和文献研究方法,深入了解氢燃料汽车的原理及最新技术动态,对氢燃料电池的工作及使用机制进行研究。对氢储动力源的多输入不间断保障控制系统研究进行深入开发,对车辆集成的氢燃料电池、逆变发电、不

间断控制系统等各模块之间搭配工作进行深入研究。

2.3.2 功能分解

根据需求分析,对本款车新型多功能氢燃料电池车辆。将每个功能模块细分成多个功能点,并深入分析各功能点之间的逻辑关系。提高功能点的复用率,以简化整个系统的复杂程度。

2.3.3 功能模块设计

进行深入的技术调研与论证,启动关键子模块的开发。利用总控系统对各关键子模块整合,并进行全面测试。在模拟环境下进行系统集成测试,全面考虑技术成本、性能、兼容性、环境要求,研究出最优的监测与操作装置整体技术方案。

2.3.4 系统集成测试

通过对各个单元模块的分析验证通过后,对新型多功能应急发电车在模拟环境下进行测试、验证、分析。

2.3.5 完成产品定型

开展对现有车辆的底盘集成及上装部分的集成的设计后,完成产品样品制作。按照国家政策,对该车辆进行道路测试,对其可靠性、安全性等性能进行验证,为产品正式上市大范围推广奠定基础。

2.3.6 氢燃料电池供应系统的工作模式

氢燃料电池供应系统主要有三种工作模式,分别是氢气直排流通模式,死端模式和再循环模式。氢气循环泵和引射器作为氢气再循环模式中的关键循环设备,可以将电堆阳极出口未参加反应的湿润氢气循环回阳极进口,从而提高氢气利用效率和优化电池水热管理能力,被广泛应用在氢燃料电池电堆中。

2.3.7 氢燃料电池电堆及系统的定义和分类

氢燃料电池系统是一种通过不燃烧的电化学反应将化学能转化为电能,在反应过程中不产生污染的发电设备。对于氢燃料电池汽车而言,氢燃料电池系统是其动力系统的核心部件,关系到性能、安全及稳定。氢燃料电池系统主要包括:(1)氢燃料电池电堆;(2)气体循环系统;(3)其他辅助系统。其中氢燃料电池电堆是氢燃料电池系统的核心,是进行氧化还原化学发电的装置。氢燃料电池电堆由多个燃料电池串联而成,每个单电池由双极板及膜电极组成。氢燃料电池电堆氢燃料电池系统的综合性能及成本效益有至关重要的影响。

氢燃料电池的应用主要包括运输应用和固定式应用。氢燃料电池电堆及系统的终端客户通常包括巴士公司、物流及运输公司、港口、工厂、矿山及铁路公司等。在氢燃

料电池汽车领域,氢燃料电池电堆及系统总体上是标准化的,可应用于大多数不同品牌的氢燃料电池汽车。在大多数情况下,氢燃料电池电堆及系统无法直接应用于有轨电车及船舶等其他交通应用场景,因为不同类型的交通工具采用不同的技术标准。即使是应用于有轨电车的氢燃料电池产品,也往往需要进行个性化的设计和布局,以满足不同制造商的需求。在固定式应用场景领域,氢燃料电池电堆及系统总体上是标准化的,用于备用电源应用。对于其他容量相对较大的固定式应用产品,氢燃料电池电堆及系统制造公司通常会根据客户的具体要求提供个性化的产品。

2.3.8 氢燃料电池的发电工况

氢燃料电池在动态工况下的性能和稳定性是实际应用的关键。通过对负荷、温度、湿度和压力等因素的优化,可以提高氢燃料电池的动态工况适应能力,从而满足不同需求。未来,随着氢燃料电池技术的进一步发展,动态工况优化将在实际应用中发挥更加重要的作用。

2.3.9 氢燃料电池的电压情况

关于每片电池的发电电压,一般来说,氢燃料电池的输出电压为0.6~0.9V之间。不过,需要注意的是,实际输出电压会受到许多因素的影响,例如工作温度、反应气体种类和浓度、压力等等。因此,具体的输出电压需要根据实际应用场景进行设计和调整。此外,氢燃料电池通常是由多个单片电池串联或并联组成的电池堆,以提供更高的输出电压和电流。因此,每片电池的电压和电流并不是独立的,而是相互影响的。

3 氢储动力源的多输入不间断保障控制系统研究

3.1 系统工作模式

3.1.1 正常运行

UPS正常运行状态,即当UPS输入市电正常时,整流器和逆变器均工作,静态开关将逆变器输出与负载相连,电池开关闭合且电池在直流母线电压下处于稳定的浮充状态。氢动力和锂电池均可提供直流电能。

3.1.2 市电停电

如市电停电或不正常,整流器将自动停止工作,逆变器由锂电池供电继续进行工作,期间启动氢动力系统给UPS续航。若超过后备时间且氢动力能量消耗殆尽,而市电仍未恢复正常,逆变器将自动停止工作,UPS的操作控制面板将显示相应告警信息。在后备时间内,市电的中断和恢复都不会中断对负载的供电。当市电在允许的时间内恢复正常时,整流器将自动启动,重新给逆变器供电和对电池进行充电。因此负载的供电不会中断。

3.1.3 锂电池和氢动力系统脱离

如需将锂电池和氢动力系统脱离出UPS进行维修保养,可通过外部直流专用断路器将锂电池和氢动力系统分离。此时,除市电停电时的电池后备功能以外,UPS的其它功能及规定的所有稳态性能标准均不受影响。

3.1.4 旁路模式

通过包含可控电子开关电路的“静态开关”,使负载既可以连接到逆变器的输出又可以连接旁路电源上。在正常情况下,负载由逆变器供电,此时逆变器侧的静态开关闭合;但出现过载或逆变器故障时,静态旁路开关自动将负载切换到旁路电源。

3.2 氢储动力源的多输入不间断保障控制系统人机交互界面系统

该系统集成BMS、UPS、充电桩、氢燃料控制系统等所有通信数据,集中管理,统一调配,功能设备的实际情况及时及时调整运行策略,保障系统不间断提供稳定的电能,提高电力保障的安全性和及时性,增加系统的集成度。

3.3 氢储动力源的多输入不间断保障控制系统的关键技术研究之BMS电池管理技术

3.3.1 细胞监测技术

本部分重点为单电池电压采集、单电池温度采集、锂离子电池电流检测。准确的温度测量对锂离子电池的工作状态也非常重要,包括单个电池的温度测量和电池冷却的液温监测。这要合理设置温度传感器的位置和数量,以达到与BMS控制模块形成良好的配合。锂离子电池液温监测的关键是进出口处的液温,其监测精度与单个电池相当。

3.3.2 SOC技术

简单来说,就是电池里还剩下多少电量,SOC是BMS锂离子电池管理系统中最重要的参数,因为其他一切都是基于SOC的,所以SOC的准确性和鲁棒性是极其重要的。没有准确的SOC,再多的保护也无法使BMS正常工作,因为电池始终处于保护状态,电池寿命不会延长。SOC估计的精度越高,相同容量的锂离子电池的范围就越大。高精度的SOC估计可以使电池组达到最大的性能。

3.3.3 平衡技术

无源均衡一般采用电阻放热的方式来释放大容量电池的额外功率,从而达到均衡的目的。电路简单可靠,成本低,但电池效率也低。主动平衡充电时,多余的电能转移到大容量电池,放电时,多余的电能转移到小容量电池,可以提高使用效率,但成本较高,电路复杂,可靠性低。在未来,随着小区一致性的提高,对被动均衡的需求可能

会降低。

3.4 多功能应急发电车各集成模块适配性研究

该新型多功能应急发电工具车使用现有 8T 中型厢货的车辆底盘基础上进行改装。车辆配置 80kW 氢燃料电池组，配备 80kWh 储能电池组，搭配 20kg 氢气瓶。车辆厢货中集成逆变输出装置、电源输出控制装置、电源线、常用抢修工具等。该新型多功能应急发电工具车使用 8T 厢货的车辆底盘，在原车辆成熟的底盘上重新设计如下：

氢燃料电池组：放置在车头部分，车辆驾驶室的下方，相对基础车前移 62mm；

氢气瓶：放置在车辆底盘中间位置；车辆进气系统：放置在车头后部，根据燃料电池变化，重新设计近期管道；

车辆排气系统：位置不变，但需重新设计排气管道；

DCL（高压电转低压电充电系统）：布置在燃料电池上方，车辆驾驶室的下方；

DCF（氢燃料电池升压 DC/DC 变换器）：布置在燃料电池上方，车辆驾驶室的下方；

车架横梁：在原车基础上需要整体后移 50mm；

高低压线束：根据周边系统重新布置，并预留后期电源输出接口。

该车辆底盘整体较为紧凑、实用，按照 1kg 氢气约可以支撑车辆行驶 50km 计算，该车辆可以在纯氢气供能条件下行驶约 1000km 或以 80kW 功率持续输出供电 2h 以上，基本可以满足日常抢修应急使用及应急发电使用。在

氢气使用完毕的情况下，车辆内部还有 80kWh 储能电池，可以支持车辆短暂行驶和短时间应急发电。

后期该车辆将在底盘基础上配置货箱，内置逆变输出装置，发电输出装置如电缆输出线盘、电缆线等；常用抢修工具如接地线、绝缘手套、万用表、兆欧表等常用工具，满足日常保电及抢修工作使用。

4 结束语

本项目总体目标是通过氢储动力源的多输入不间断保障控制系统的深入研究，实现对车载氢燃料电池技术、车辆多输入不间断供电系统的有机结合。在原有的成熟技术基础上进行重新组合开发。通过对该项目的研究与在氢能车上应用，将为公司应急领域提供一种高效、可靠的应急解决方案，提高公司应对突发事件的能力。

【参考文献】

- [1] 康德建, 赵敏敏, 冯文杰, 等. 氢动力接触网检修作业车的设计与验证[J]. 铁道车辆, 2025, 63(03): 105-113.
- [2] 宋炳松. 船舶燃料电池动力系统的全生命周期能量管理策略研究[D]. 大连海事大学, 2024.
- [3] 田长安, 阎凯, 贾红洋. 氢燃料电池系统及其在轨道交通领域中的应用[J]. 铁道机车与动.

作者简介：石迎男（1989.06—），毕业院校：华北车, 2022(12): 1-6. 电力大学科技学院电气工程及其自动化专业，目前就职于：国网石家庄市栾城区供电公司职务：运维检修部副主任。